

Un análisis y una organización del contenido de biología celular

M^a Luz Rodríguez Palmero¹ y Javier Marrero Acosta²

¹I.E.S. Dr. Antonio González González, Canarias, España. E-mail: mrp@step.es ². Universidad de La Laguna, Canarias, España.

Resumen: se aborda el análisis y la organización del contenido de biología celular haciendo uso de dos modelos teóricos diferentes, la Teoría de la Elaboración y la Teoría del Aprendizaje Significativo enmarcados en la tradición curricular "Top Down". De su aplicación se concluye que ambos modos de abordar esta compleja tarea docente son útiles como herramientas, dando pautas que promueven la reflexión sobre la naturaleza y el sentido del contenido biológico incorporado en el currículum.

Palabras-clave: contenido, análisis, organización, célula.

Title: An analysis and a the contents of cell biology organization

Abstract: two theoretical models, Elaboration Theory and the Theory of Meaningful Learning, are deployed to analyze the organization and contents of a cellular biology course. The analysis shows that both approaches, part of a top-down tradition, are useful tools. They provide guidelines that promote understanding of the nature and meaning of the biological content introduced in curriculum.

Keywords: content analysis, organization, cell.

Introducción

El contenido de Biología Celular incluido en los programas oficiales y en los materiales curriculares de los que dispone el profesorado de la enseñanza no universitaria, generalmente se presenta articulado en torno a los niveles de organización de la materia viva; ello significa que su forma de trabajarlo en el aula habitualmente responde a planteamientos descriptivos que abordan en primer lugar la bioquímica, es decir, la composición química celular, la citología en segundo lugar, o sea, la descripción estructural de la célula y, finalmente, su fisiología o comportamiento, siendo tratado, en el mejor de los casos, este último aspecto conjuntamente con la descripción morfológico-estructural. Ésta no es la única lógica posible de la disciplina, no es éste el único modo de organizar el contenido biológico y, de hecho, tampoco es la tendencia dominante en la investigación de vanguardia sobre el tema; tanto desde ésta última como desde la propia historia del conocimiento en el área, se nos plantea y se nos hace ver que no son los enfoques descriptivos los que dan cuenta de una mejor comprensión de la entidad celular (Rodríguez, 2000, 2002) y se nos reclama hacer una reflexión sobre el contenido celular que transmitimos y ofrecemos al alumnado, se nos pide una revisión sobre la cultura académica que desde la Biología como asignatura se está presentando a los estudiantes, se nos

demanda una recreación de esa cultura escolar de modo que replanteemos su naturaleza y su sentido.

En este marco, se hace necesario recurrir al análisis y a la organización del contenido que trabajamos como herramienta útil en esa reflexión que nos permita adecuar de mejor modo esos contenidos a las demandas actuales de la ciencia, por un lado, y del alumnado que pretende aprehenderla y comprenderla, por otro.

Tratamos de abordar, pues, cómo a través del análisis del contenido podemos elaborar una propuesta alternativa a la selección, al análisis y a la organización de los contenidos de Biología Celular que aquellos materiales de referencia ya citados ofrecen. Para ello, hacemos uso de dos modelos teóricos diferentes, la Teoría de la Elaboración y la Teoría del Aprendizaje Significativo (aplicada como modelo al currículum), que "a priori" se han mostrado consistentes con la posición epistemológica defendida y asequibles al profesorado para su utilización y manejo (Rodríguez, 2003). De su aplicación se concluye que tanto uno como otro modo de abordar esta compleja tarea docente son útiles como instrumentos, aunque ambos tienen y suponen ventajas e inconvenientes. En cualquier caso, éstas son tareas que permanecen olvidadas y que no son habituales en los modelos de diseño curricular del profesorado, por lo que la pretensión del presente artículo es presentar una pauta que ayude a los docentes a abordar estas cuestiones y que nos ha resultado eficaz en su puesta en práctica con un contenido concreto, tanto desde el punto de vista de la práctica docente como en la investigación en procesos curriculares en el aula. Se trata, de todos modos, de una propuesta abierta a nuevas sugerencias y aplicaciones prácticas que sin duda la harán mucho más versátil, dinámica y ágil para la mejora de esa tarea profesional.

¿Qué biología celular enseñamos? De los modelos de análisis y organización del contenido a la estructura y al funcionamiento de la célula.

No es habitual, como ya se ha comentado, que el profesorado lleve a cabo reflexiones relativas al contenido, no es frecuente que como docentes nos adentremos en la estructura subyacente de la cultura académica que transmitimos y que, por tanto, profundicemos en cuál es la naturaleza y cuál es el sentido del currículum que trabajamos. Habitualmente nos dejamos llevar por las normas y pautas que establecen los materiales educativos y cuando queremos acceder a esos entresijos, nos enfrentamos a serias dificultades derivadas de las lagunas habidas en nuestra formación. El análisis y la organización del contenido es una herramienta eficaz para propiciar esos cuestionamientos y para determinar nuevos modos de plantear los contenidos curriculares que los resultados escolares están demandando; el acercamiento de esta herramienta al trabajo diario del profesor es una necesidad y es posible en la medida en la que existen modelos útiles para llevar a cabo esta tarea y abordar la esencia misma del contenido escolar.

El contenido constituye uno de los elementos básicos del currículum, junto con los objetivos, la metodología y la evaluación; ha sido conceptualizado de muy diversas maneras, en función de la propia idea de lo que el

currículum representa. Podría decirse que es contenido todo aquello que es susceptible de ser aprendido; es, por lo tanto, "el producto de una transformación o reelaboración que realiza la escuela del conocimiento sobre el que se produce el aprendizaje del alumno" (Diseños Curriculares. Bachillerato. Introducción a la Etapa. Gobierno de Canarias, 1991, pág. 44).

En la medida en que se hace una transformación y una reelaboración del conocimiento producido -en términos de estructura sintáctica y substancial de las disciplinas (Schwab, 1973)- para definir el contenido curricular y, por lo tanto, enseñable, hemos de atender necesariamente a tres tareas fundamentales: selección, análisis y organización del mismo. La primera de ellas viene determinada por las propias Administraciones Educativas a través de lo que se considera contenidos mínimos establecidos para cada nivel de enseñanza y, por tanto, no nos compete como docentes ninguna tarea al respecto. El análisis y la organización es lo que nos corresponde como profesionales, porque es el docente quien debe saber cuál es la naturaleza del contenido que debe transmitir al alumnado para su aprendizaje, ya que ello tiene consecuencias en los modos de lograrlo, así como cuál es la mejor forma de organizarlo para tal fin. Eso es lo que hace imprescindible abordar el análisis del contenido curricular. Las categorías de análisis surgen de la consideración de los tipos de contenidos en relación e interacción con las operaciones que pueden establecerse entre los conceptos; desde esta perspectiva, la Teoría de la Elaboración (Reigeluth, Merrill y Bunderson, 1978; Reigeluth, 2000) estudia los contenidos que son potencialmente enseñables: hechos, conceptos, principios y procedimientos.

En este marco se ha hecho el análisis de los contenidos seleccionados para la asignatura objeto de este estudio. Esa selección responde a los niveles uno y dos de diseño del currículum establecido para la misma. Nos centramos, pues, en la delimitación de las distintas categorías o, lo que es lo mismo, la aplicación de lo expuesto anteriormente en términos generales al contexto específico del diseño de los contenidos de la Biología Celular de COU. Para ello, se expondrá aquel contenido que se ha incluido en cada una de las categorías justificando por qué se ha considerado pertinente dicha inclusión.

Hechos: "Atmósfera primitiva" y "Tierra primitiva" se han considerado hechos en la medida en la que se establece una operación relacional entre cada uno de estos conceptos de dominio y lo que representan o definen como rango, a saber: un conjunto de características (pero sólo uno) hoy por hoy irrepetibles que dieron como consecuencia la aparición de la primera célula. Es una relación arbitraria. En este sentido, y por las mismas razones, la primera célula, su aparición, es también un hecho. Las fórmulas y los ejemplos son hechos, desde esta perspectiva, porque son en la misma medida relaciones arbitrarias; responden a referentes con los que se han construido esos conceptos que guardan una relación de identidad ("uno a uno") entre conceptos de dominio y de rango. Las fórmulas responden a los nombres que se les han asignado, del mismo modo que cada uno de esos nombres responde a sustancias concretas a las que se les han asignado dichas fórmulas. En cada uno de estos casos hablamos, como decíamos, de una operación relacional.

Conceptos: responden a conjuntos de hechos que muestran alguna característica común. Los conceptos son etiquetas aplicables a aquello que presenta una serie de características o atributos que los hacen distinguibles. Suponen, pues, aplicación, uso, recuerdo y descubrimiento, en suma, una construcción que tenga significado y que responde a operaciones de tipo descriptivo. El contenido seleccionado para la Biología Celular es extraordinariamente abundante, desde nuestra perspectiva, en esta clase de contenido, constituyendo el peso fundamental de la misma. Los hay de tres tipos: (a) características o atributos.- ser vivo (rango): aquello que realiza nutrición, relación y reproducción y que, además, va localmente en contra del principio de entropía (dominio); (b) de unión.- célula (rango): aquello que tiene membrana plasmática, citoplasma, material nuclear y realiza un conjunto de reacciones químicas (dominio) y (c) de intersección o limitación.- procarionta (rango): aquella célula que, como tal, hace reacciones químicas y tiene membrana plasmática y citoplasma pero carece de núcleo (dominio). La lista de ejemplos de conceptos, como decíamos antes, es muy larga: materia, energía, vida, biomolécula, glúcidos, lípidos, hialoplasma, ribosomas, vacuolas, inmunidad, herencia, mutación, reproducción, etc, etc.

Principios: responden a aprendizajes significativos en los que se establecen operaciones productivas que son aquéllas que se dan entre varios conceptos de dominio y varios conceptos de rango; podemos diferenciar tres tipos: de producción, de descomposición y de transformación. En todos ellos debemos identificar, pues, los conceptos de dominio, la operación que se realiza con ellos y los conceptos de rango que resultan de la misma. Son principios de producción: Origen de la vida. Teoría celular. Propiedades y funciones biológicas del agua, sales minerales, glúcidos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos. Síntesis proteica. Mitosis. Meiosis. Leyes de Mendel. Es un principio de descomposición: Metabolismo. Son principios de transformación: Respiración celular. Fermentación. Fotosíntesis. Catabolismo de lípidos. Anabolismo de lípidos. Desaminación y transaminación.

Veamos un ejemplo de cada una de las clases de principios relacionados, de manera que sirvan de muestra de lo ya explicado en términos teóricos:

Producción: Síntesis proteica: Es un proceso químico celular y, por tanto, integrante del metabolismo en su vertiente constructiva -anabolismo-, que consiste en la formación de proteínas (materia compleja), utilizando para ello aminoácidos como unidades constituyentes, ATP como energía para los enlaces, RNAm como molécula informativa, RNAt como intermediario o vehículo y ribosomas como sedes o estructuras en las que se lleva a cabo este proceso. Dominio: aminoácidos, RNAm, RNAt, ribosomas, ATP, metabolismo. Operación: reacciones químicas (endergónicas). Rango: proteínas, anabolismo, materia compleja.

Descomposición: Metabolismo: Es un conjunto de reacciones y transformaciones químicas que se suceden en la célula (en los seres vivos) con objeto de procesar la materia y la energía que aportan los nutrientes porque la necesitan, lo que permite el mantenimiento de la vida; esas reacciones que se producen degradan materia compleja (catabolismo) para liberar la energía incorporada en sus enlaces, siendo, por tanto, reacciones

exergónicas que permiten el desarrollo de las funciones vitales de la célula como entidad viva y que, también, generan su propia construcción, formando la materia compleja que sintetizan (anabolismo) con el aporte de la energía lograda (reacciones endergónicas) y que la constituye como tal estructura viva. Se trata, por tanto, de un conjunto integrado de reacciones que dota a la célula de su carácter de unidad de vida. Dominio: materia, energía, entropía, célula, ser vivo, nutriente. Operación: reacciones químicas -transformaciones-. Rango: catabolismo, anabolismo, exergónico, endergónico, materia simple, materia compleja, integración metabólica.

Transformación: Respiración celular: La respiración celular es un proceso metabólico (catabólico) de la célula que consiste en la digestión progresiva de la glucosa como materia compleja con la consiguiente obtención de energía. En un primer paso se degrada a ácido pirúvico a través del proceso exergónico de la glucólisis; esta molécula prosigue su proceso oxidativo (exergónico) en el ciclo de Krebs, conjunto cíclico de reacciones que genera NADH, FADH y GTP, moléculas que por su potencial redox se incorporan a la cadena transportadora de electrones liberando fraccionadamente energía que se aprovecha en la fosforilación oxidativa para obtener ATP, lo que constituye la finalidad del proceso metabólico conjunto. Se trata, por tanto, de un conjunto de reacciones catabólicas. Otras moléculas complejas pueden incorporarse al proceso en diferentes niveles. Dominio: glucosa, digestión, materia, energía. Operación: metabolismo -glucólisis- (exergónico). Rango: Ácido pirúvico. Dominio: Ácido pirúvico. Operación: metabolismo -ciclo de Krebs- (exergónico). Rango: NADH, FADH, GTP. Dominio: NADH, FADH, GTP. Operación: metabolismo -cadena transportadora de electrones y fosforilación oxidativa- (exergónico). Rango: ATP.

Procedimientos: suponen el "saber hacer"; responden a una operación productiva que establece un orden entre las distintas fases que nos permiten relacionar varios conceptos de dominio con varios conceptos de rango a través de una operación determinada. Describen, por lo tanto, conjuntos de acciones ordenadas y encaminadas a la consecución de un fin.

El contenido seleccionado para comprender y aprehender el significado del concepto de célula y de su funcionamiento explicita pocos procedimientos. Estarían dentro de esta categoría todas las clasificaciones, por ejemplo: bioelementos y biomoléculas; los distintos tipos de biomoléculas (inorgánicas y orgánicas); dentro de cada una de éstas, las distintas clases y sus ejemplos. Exponemos el procedimiento relativo a la clasificación de los glúcidos como ejemplo aplicable a los demás principios inmediatos orgánicos: Dominio: 1.- Fijar criterios. 2.- Ordenar los criterios fijados. 3.- Aplicar los criterios según el orden establecido. 4.- Establecer las categorías. Rango: Tipificación y clasificación de los glúcidos (osas o monosacáridos -aldosas y cetosas- /triosas, tetrasas, pentosas, hexosas, ...- y ósidis - holósidos: disacáridos y polisacáridos; y heterósidos).

El primer paso, en este caso, sería delimitar los criterios de una sola unidad o más de una, lo que nos lleva a osas y ósidis. Dentro de cada uno de estos grupos, hemos de ordenar también los criterios que vamos a usar; por ejemplo, en las osas podemos empezar por hacer dos agrupamientos según su grupo funcional sea aldehido o cetona, pero podemos también

empezar por establecer los grupos en función del número de átomos de carbono que tengan. Una vez fijado el orden, se hacen los grupos correspondientes, lo que delimita las categorías que surgen como resultados. Por ejemplo: aldosas (aldotriosas, aldotetrosas, aldopentosas, ...) y cetosas (cetotriosas, cetotetrosas, cetopentosas, ...) o triosas (aldotriosas o cetotriosas), tetrasas (aldotetrosas o cetotetrosas) Como vemos, se trata de elaborar o confeccionar la propia clasificación para poder usarla "a posteriori" en términos de identificación.

Son procedimientos también las pautas de observación y de identificación de las propias células.

El análisis del contenido que hemos hecho, como decíamos, es la segunda de las tareas relativas al contenido. Este análisis nos ha permitido reflexionar sobre el significado de cada una de las categorías que pueden definirse con respecto al mismo y, consecuentemente con ello, pensar en los procesos o estrategias adecuadas para poder alcanzar su aprendizaje por parte del alumnado. El modelo docente que se construya a partir de estos análisis permitirá planificar la docencia de modo diferente, teniendo en cuenta para ello lo que se requiere para aprender cada una de esas categorías. Como otras tantas, esta práctica no es habitual en el profesorado y no lo es, entre otras causas, porque no se ha capacitado a los docentes para ello. Son muchos los autores que, sin llegar a explicitarlas claramente, utilizan estas distintas categorías, derivándose de sus palabras que efectivamente existen diferencias entre las mismas, tanto en términos genéricos y teóricos como de cara a su enseñanza, pero realmente no se ha profundizado en ello ni en la formación inicial ni en la formación permanente del profesorado, como ya se ha comentado. Y a juzgar por lo que se ha expresado, parece éste un eje fundamental en los procesos de enseñanza-aprendizaje, una tarea ineludible que, nuevamente, entra dentro del ámbito de responsabilidad docente sin la cual no se debería abordar la tercera y última tarea relativa al contenido como elemento del currículum: su organización. Utilizaremos para ello dos modelos que se presentan a continuación.

A: La célula en la teoría de la elaboración (Reigeluth, 1979; Reigeluth, Merrill y Bunderson, 1978; Reigeluth, 2000)

Esta teoría "... tiene como propósito fundamental prescribir criterios para seleccionar, secuenciar y organizar los contenidos educativos, de forma que se consiga una óptima adquisición, retención y transferencia de los mismos". (Del Carmen, 1990, pág. 43).

Responde a la tradición "Top-Down", por la que se opta desde el punto de vista epistemológico, en la medida en que plantea una organización de lo global a lo particular, volviendo al principio a través de síntesis y resúmenes. Atiende de este modo tanto a la secuenciación como a la estructuración que son los dos problemas fundamentales de dicha organización; la secuenciación da cuenta de cuándo enseñar, estableciendo, por lo tanto, el orden de presentación de los contenidos, mientras que la estructuración responde a la forma en la que se relacionan los mismos en dicha presentación. La Teoría de la Elaboración representa un "procedimiento" en el más estricto sentido de la expresión (¡del concepto !)

porque "prescribe cómo organizar las secuencias instruccionales para hacer más eficaz el aprendizaje: la manera de organizar y secuenciar la enseñanza, la manera de impartir la enseñanza, la manera de motivar a los alumnos, la manera de evaluar los resultados, ...". (Reigeluth, 1979, citado por Román y Diez, 1990, pág. 94); y todo ello lo hace a través de una serie de pasos y fases que determinan cómo conseguir esta meta o fin a través del proceso de "epitomización".

Desde la perspectiva expuesta, la primera tarea que hemos abordado, una vez analizado el contenido relativo a la célula, es el establecimiento de los seis pasos que nos conducen al diseño de la estructuración de su enseñanza. Se ha optado por una estructura de orientación conceptual, decisión que se ha tomado a raíz del resultado obtenido al realizar el análisis del contenido que, como se ha comentado, resultó ser básicamente conceptual en la medida en que los conceptos ocupan el peso más fuerte y abundante en torno a los cuales se articula dicho contenido. Una vez delimitada la estructuración, se ha elaborado el epitome correspondiente. "El epitome es el elemento que permite articular las secuencias de enseñanza". (Del Carmen, 1990, pág. 43).

La aplicación de los presupuestos teóricos de la Teoría de la Elaboración a un contexto concreto; nos han permitido encontrar una respuesta coherente, útil y aplicable al problema que nos ocupa, haciendo, por tanto, de esta teoría una herramienta eficaz en esta tarea.

B: La célula a la luz de la teoría del aprendizaje significativo (Ausubel, 1968; Ausubel, Novak y Hanesian, 1978; Novak y Gowin, 1988).

El modelo que se nos propone desde esta óptica es un modelo global que abarca no sólo la organización del contenido sino la enseñanza, el aprendizaje, la evaluación, el currículum completo, en suma. El modelo propuesto por Moreira (1996) atiende a todos y cada uno de los elementos del currículum, pero para nuestros propósitos nos hemos centrado en la organización del contenido aplicando los principios básicos de diferenciación progresiva, reconciliación integradora y las relaciones naturales de dependencia, porque entendemos que de este modo se identifica la estructura conceptual de la materia objeto de estudio en la medida en que se delimitan las jerarquías conceptuales que nos permiten transferir el significado lógico de la disciplina al significado psicológico de los estudiantes y hacer que éste, por lo tanto, sea significativo para el mismo.

Hemos hablado de estructura conceptual, de jerarquías conceptuales; ¿es que las otras categorías de contenidos no tienen importancia desde este modelo?. Nada más lejos de la realidad; de hecho, esta teoría también refleja la importancia de principios, proposiciones, hechos, Se hace hincapié, eso sí, en el papel de los conceptos con los que se construyen esos principios y proposiciones y que se ejemplifican con hechos porque se considera que la mente humana opera con conceptos en un lenguaje de alto nivel con el que se elabora y desarrolla todo lo demás. Por esa razón, una buena forma de plasmar la organización del contenido la constituyen los mapas conceptuales (Novak, 1977; Novak y Gowin, 1988), pues, como instrumentos que son, representaciones externas, en definitiva, nos permiten jerarquizar esos

conceptos, diferenciarlos, reconciliarlos, establecer relaciones naturales de dependencia y, como resultado de todo ello, determinar las jerarquías conceptuales que, trabajadas convenientemente, potencian el desarrollo de los aprendizajes esperados y deseados no sólo de conceptos, sino también de principios, proposiciones, procedimientos que, en el fondo, se construyen con ellos. Se han elaborado, por y para eso, mapas conceptuales correspondientes a otras tantas jerarquías que reflejan lo que es el contenido básico que permite entender la estructura y el funcionamiento celular que, como ya se ha comentado, ha resultado ser predominantemente conceptual. Estos mapas conceptuales se superponen estableciéndose con facilidad relaciones naturales de dependencia y mostrando las consolidaciones necesarias y suficientes que favorecen una diferenciación progresiva y una reconciliación integradora de lo que la célula es y de cómo funciona. El mapa global se muestra en la Fig. n° 1.

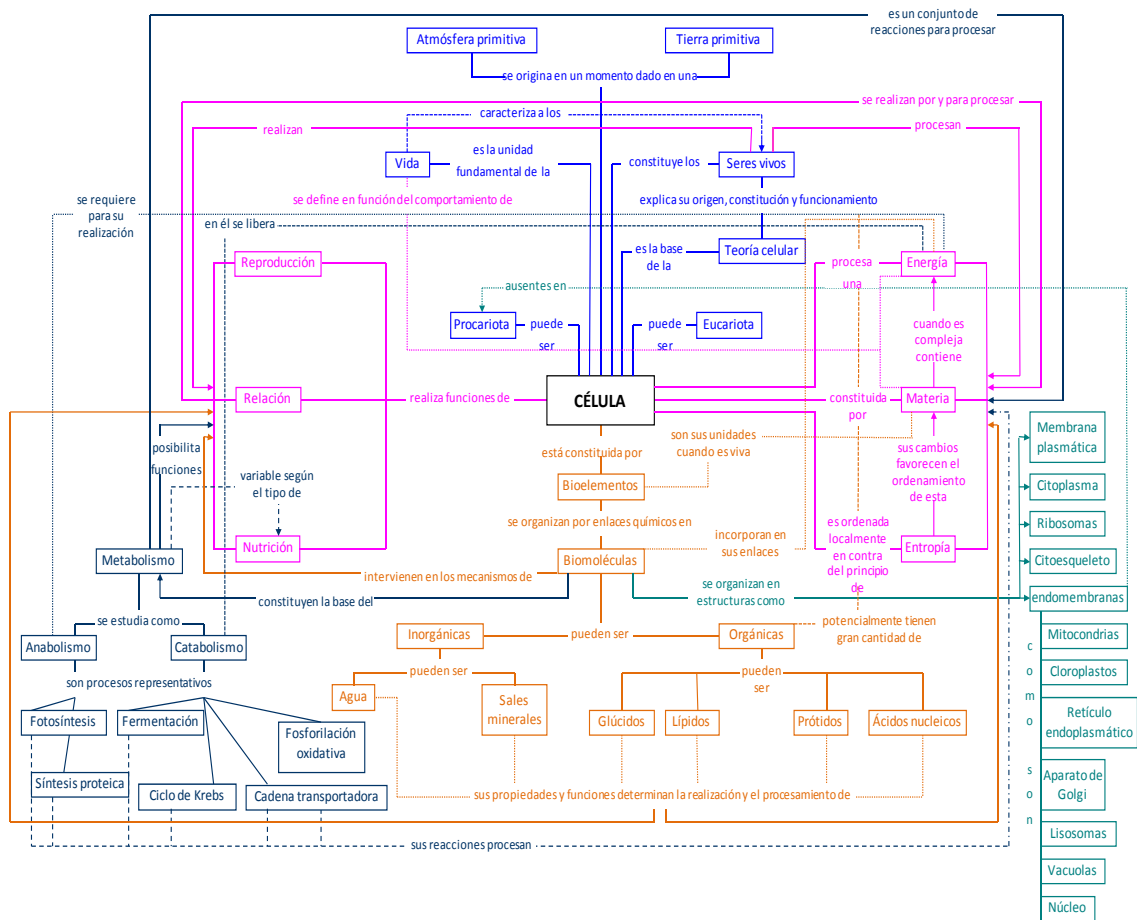


Fig. n° 1.- Mapa conceptual elaborado para la célula y su funcionamiento.

Como ha podido apreciarse en los mapas conceptuales, la opción epistemológica responde a un esquema que va de lo general a lo particular, por lo que, como vemos en la práctica, está dentro de la tradición "Top-Down" que se defiende como modelo de currículum. Y hablamos de práctica, de aplicación, de uso de un modelo; lo que hemos expuesto muestra que efectivamente es posible aplicar un modelo consistente con lo que la Teoría del Aprendizaje Significativo postula, lo que permite dar también una solución o una salida al problema de la organización del contenido celular para su enseñanza.

¿Y qué hacer ahora? ¿Por cuál de estas dos soluciones nos decantamos?. El planteamiento organizativo que se ha realizado de la asignatura responde a una secuencia compleja convergente, según la cual cada uno de los principios inmediatos se trata desde diferentes puntos de vista (bioquímico, citológico, fisiológico, ...), siendo objeto cada uno de ellos de una unidad didáctica como esquema de presentación al alumnado, que atiende a qué son, cómo son, dónde están y cómo funcionan cada una de esas moléculas. Esta secuencia ha quedado de manifiesto fundamentalmente en las elaboraciones de nivel 1 y nivel 2 del epitome desarrollado al efecto, en las que se han seleccionado contenidos de diferentes "temas" o epígrafes del Currículum Oficial (que suelen corresponderse con los presentados en los libros de texto), porque se entiende que se establecen entre ellos relaciones naturales de dependencia que, estructuradas de este modo, favorecen los procesos de diferenciación progresiva y reconciliación integradora. Esto permitirá adquirir una visión global y jerarquizada de la estructura y del funcionamiento de una célula, como se muestra en las jerarquías conceptuales que, superpuestas, suponen y reflejan todo el contenido trabajado en el curso y permiten captar, precisamente, ambos procesos cognitivos. Con esta organización curricular se facilita la integración de los diferentes procesos que realiza la célula, toda vez que se van ampliando progresivamente las posibilidades de explicación de esta entidad viva, al ir abordando consecutivamente el papel que en esa dinámica ejerce cada una de esas moléculas; al mismo tiempo, se trabajan reiterativamente tanto los procesos como las estructuras en las que se llevan a cabo, con lo cual, se facilita que ese funcionamiento integrado que caracteriza a la célula se capte.

Se mantiene así coherencia con los referentes teóricos que guían la concepción que se tiene de enseñanza y de aprendizaje, y esto es lo que justifica la organización alternativa a la habitual, que se ha plasmado utilizando como marcos teóricos la Teoría de la Elaboración y la Teoría del Aprendizaje Significativo. "A priori" son modelos alternativos que tienen mucho en común; de hecho, el trabajo concreto con ambos en un contexto específico y para un contenido también específico así lo muestra. Ambos tienen grandes potencialidades pero no podemos olvidar, en todo caso, que efectivamente la Teoría de la Elaboración resulta de la integración de diferentes teorías, modelos y aportaciones y que se apoya tanto en la Psicología Cognitiva como en la Psicología del Procesamiento de la Información, pero hoy por hoy no se duda de que la influencia y aportación más importante la recibe, precisamente, de la Teoría del Aprendizaje Significativo (Román y Díez, 1990; Del Carmen, 1990). Sin ánimo de conciliación, una conciliación que, a juzgar por lo expuesto, no parece necesaria, se ha elaborado un mapa conceptual- en el que se ha pretendido plasmar el análisis de las distintas categorías del contenido; el resultado se muestra en la Fig. nº 2.

La organización como tarea que opera sobre el contenido se sitúa, ya se ha comentado, en el ámbito de responsabilidad y de toma de decisiones de los docentes. Esta tarea se resuelve a través de dos procesos distintos a los que ya se ha hecho referencia y que se han tenido que utilizar, lo que ha quedado explicitado con el uso de los modelos ya expuestos; estos procesos son la secuenciación, que hace referencia al orden en la presentación de los contenidos, y la estructuración, que atiende a las relaciones que se establecen

entre distintos contenidos. Ambos procesos subyacen a la forma de trabajar los contenidos con el alumnado. Pero habitualmente, y aunque es responsabilidad profesional docente, estos procesos no los realiza el profesorado; el modelo de diseño curricular de COU, de BUP y de EGB es un modelo cerrado en el que la Administración Educativa ha prescrito, como se ha visto para el caso específico que nos ocupa, las pautas que se han seguido en las aulas, dejando poco margen para las decisiones del profesorado. Consecuentemente con ello, la organización ha respondido a los programas oficiales de las asignaturas y, como hemos tenido ocasión de comprobar, es marcadamente diferente a lo que hemos mostrado como resultado de organizar el contenido atendiendo a los esquemas que hemos elegido para ello y a lo que la "ciencia formal" defiende en la actualidad (Rodríguez, 2000, 2002). Es necesario, pues, hacer algún cambio.

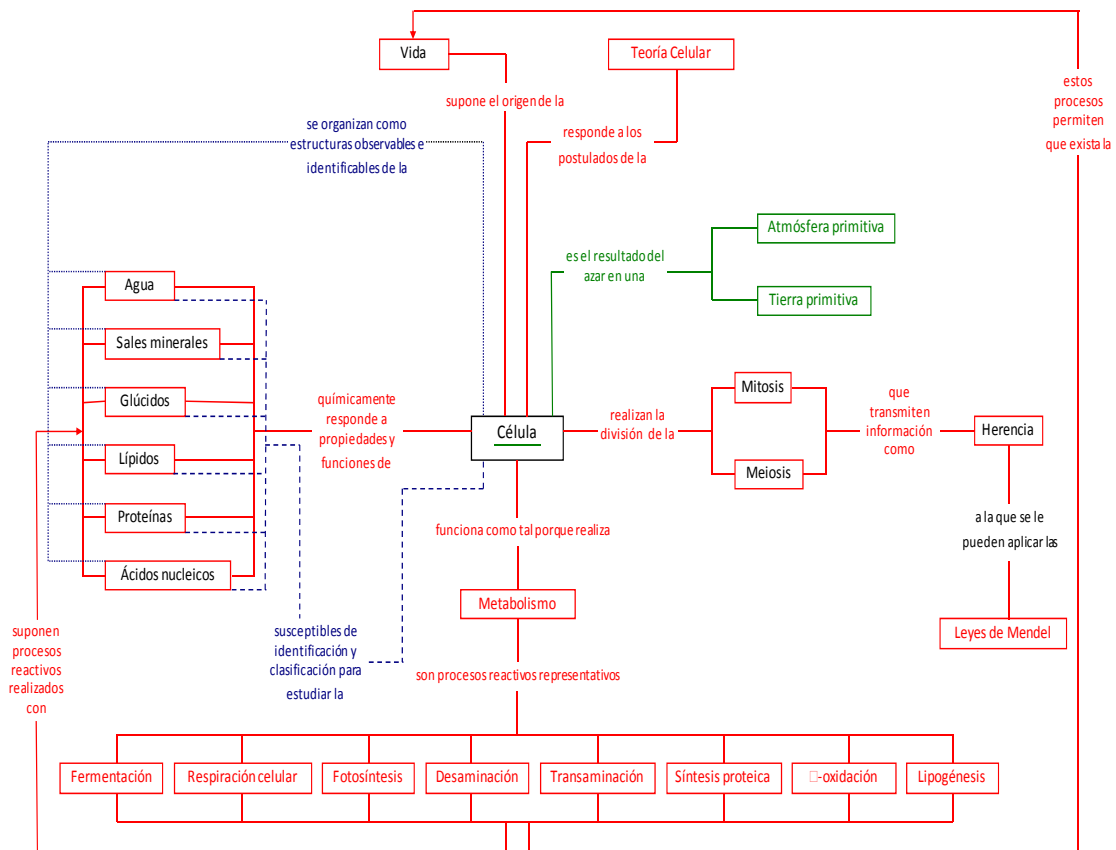


Fig. nº 2.- Mapa conceptual relativo a las distintas categorías del contenido. (Verde: hechos; Negro: conceptos; Rojo: principios; Azul marino: procedimientos).

Una propuesta alternativa

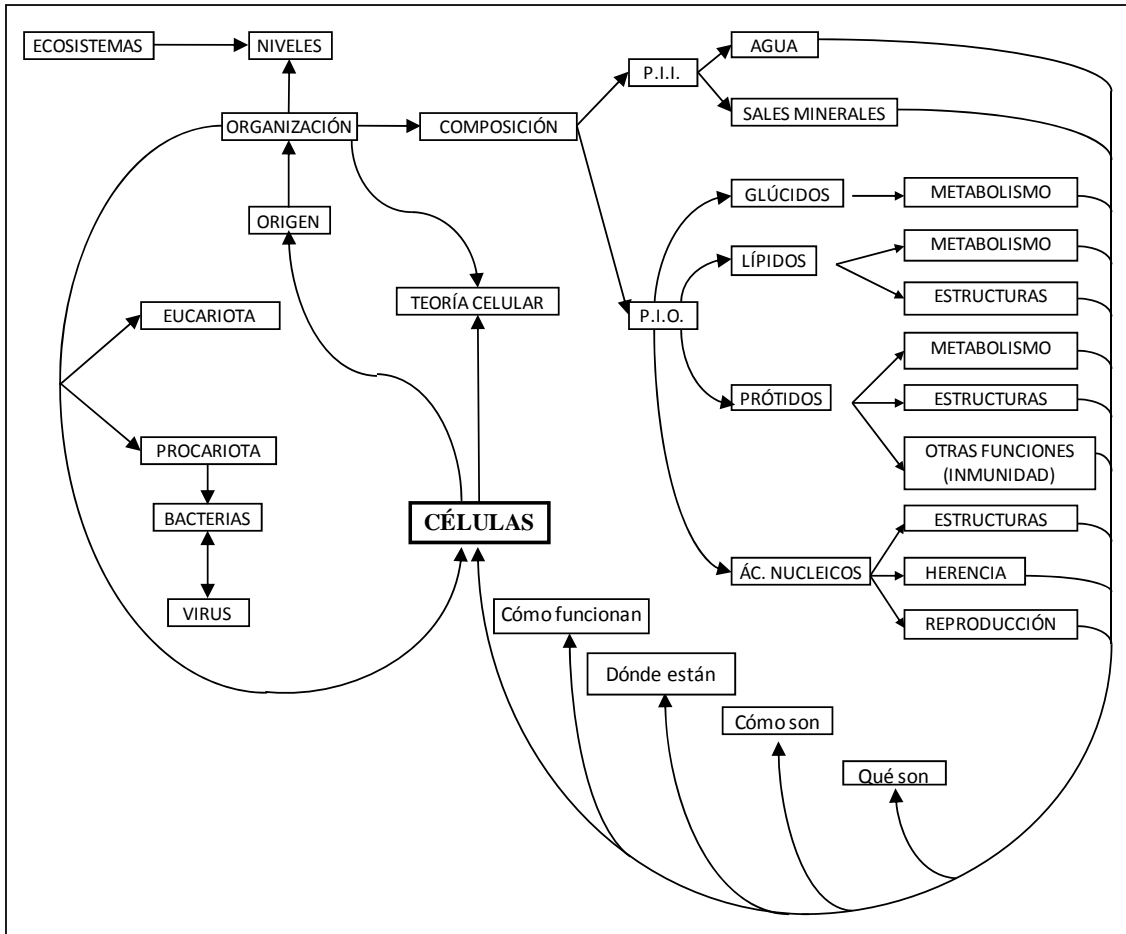


Fig. nº 3.- Trama conceptual de la asignatura de Biología de COU.

Como se ha dicho, hay pautas comunes en la organización de esos materiales curriculares que responden a secuencias lineales que no favorecen la consecución de un aprendizaje globalizador, no parecen guiarse por tratamientos "Top Down", respondiendo más a tradiciones "Botton-Up" contrarias a nuestro marco de referencia; consecuentemente, desde nuestra posición teórica es obvia la necesidad de un cambio en el planteamiento de esa organización ya que la que muestran los libros de texto se mueve en el terreno del recuerdo como tarea, olvidando uso y descubrimiento, y relacionales y descriptivas como operaciones mentales, sacando poco partido de las operaciones productivas. Consistentemente con ello, como constructos (y como estructuras) aparecen fundamentalmente hechos y conceptos (clasificaciones), siendo poco frecuentes los procedimientos y los principios - obsérvese que éstos suponen dos conjuntos de conceptos y una operación que los relacione-. Esto mismo se detecta si analizamos los requerimientos hechos al alumnado habitualmente en las actividades y cuestiones que plantean los libros de texto en las que, por ejemplo, es muy poco frecuente trabajar con imágenes porque suponen tareas y operaciones superiores; predominantemente se reclaman del alumnado respuestas que estarían en el ámbito de las proposiciones. Este tratamiento, esta forma de trabajar los contenidos en el aula tiene "a priori" consecuencias claras en la forma en la que el alumnado procesa dichos contenidos, la información recibida, tiene, lo

que parece lógico, una influencia evidente en las representaciones que construye y genera para hacerle frente a dicha información, a dicho discurso, y poder interpretarla, de modo que, ¡otra vez!, "a priori" es previsible que se generen representaciones básicamente descriptivas con poca integración estructura/función y con imágenes pobres y estáticas en caso de que se produzcan.

Es legítimo, pues, cuanto menos, intentar la construcción de modelos más acordes con la realidad que se quiere representar, con la entidad que se quiere interpretar, una entidad, la célula, de enorme complejidad que supone procesos dinámicos cuya comprensión es imprescindible en la concepción biológica, de cara al establecimiento de las deducciones e inferencias que suponen entender, explicar y predecir el comportamiento de un ser vivo como tal. Pero ¿qué modelo conceptual de célula debemos acercar a las mentes de nuestros estudiantes y procurar que en ellos genere las representaciones correspondientes que les permitan predecir y explicar su comportamiento, que favorezca la formulación de inferencias y de deducciones, que genere las analogías necesarias para su comprensión, en definitiva? El análisis del contenido llevado a cabo ofrece respuestas con respecto a lo anterior y plantea alternativas para el tratamiento de este contenido en el aula. A modo de síntesis, la Fig. nº 3 presenta lo que puede considerarse su trama conceptual.

Es evidente, en todo caso, que se requiere contrastación empírica para afirmar lo expuesto; está claro que en este momento los últimos párrafos no suponen más que un conjunto de juicios de valor, de suposiciones e hipótesis que deben ser investigadas, pero que se plantean al hilo del recuerdo de que célula es un contenido escolar, un concepto académico que, por tanto, deriva y es producto y consecuencia de una historia que puede actuar de verdadero obstáculo para el aprendizaje, pero una historia, una relación que la investigación posterior debe abordar. Nuestro objetivo aquí no fue otro que buscar una alternativa al tratamiento habitual y eso se ha conseguido porque encontramos esquemas y herramientas que lo hicieron posible.

Referencias bibliográficas

Ausubel, D.P. (1968). *Educational Psychology. A Cognitive View*. New York. Holt, Rinehart and Winston.

Ausubel, D.P., Novak, J.D. and Hanesian, H. (1978). *Educational psychology*. 2ª de New York: Holt, Rinehart and Winston.

B.O.C. nº 133, de 31 de octubre de 1994. Currículum Oficial de Biología de COU.

Del Carmen, L. (1990). La elaboración de proyectos curriculares de centro en el marco de un currículo de ciencias abierto. *Enseñanza de las Ciencias*, 8 (1), 37-45.

Diseños Curriculares. (1991). Bachillerato. Introducción a la Etapa. Consejería de Educación, Cultura y Deportes. Gobierno de Canarias.

Gowin, D. B. (1981) *Educating*. Ithaca, N.Y. Cornell University Press.

Guarro, A (1985). Diseño de enseñanza. La organización didáctica de los contenidos: Modelo elaborado vs Modelo jerárquico. Departamento de

Didáctica e Investigación Educativa y del Comportamiento. Universidad de La Laguna. Tesis Doctoral.

Moreira, M. A. (1996). La organización de la enseñanza a la luz de la Teoría del Aprendizaje Significativo, en las perspectivas de Ausubel, Novak y Gowin". Monografías del Grupo de Enseñanza. Serie Enfoques Didácticos, N° 6. Porto Alegre. Instituto de Física (UFRGS).

Novak, J.D. (1977). *A theory of Education*. Ithaca. N.Y. Cornell University Press.

Novak, J.D. y Gowin, D.B. (1988). *Aprendiendo a aprender*. Barcelona. Ed. Martínez Roca.

Reigeluth, C. M. (2000). *Diseño de la instrucción. Teorías y modelos. Un nuevo paradigma de la teoría de la instrucción*. Vol. I y II. Madrid. Santillana.

Reigeluth, CH.M. (1979). In search of a better way to organize instruction: The elaboration theory". *Journal of Instructional Development*, 2 (3), 8-15.

Reigeluth, CH.M., Merrill, M.D. y Bunderson, C.V. (1978). The Structure of subject matter content and its instructional desing implications. *Instructional Science*, 7, 107-126.

Rodríguez, M. L. (2000). Modelos mentales de célula. Una aproximación a su tipificación con estudiantes de COU. Tesis Doctoral. Departamento de Didáctica e Investigación Educativa y del Comportamiento. Universidad de La Laguna.

Rodríguez, M. L. (2002). La concepción científica de célula para la enseñanza de la biología. Una reflexión aplicable a la escuela secundaria. *Revista de Educación en Biología*, 5, 1, 41-50.

Rodríguez Palmero, M. L. (2003). Modelos mentales de célula: una aproximación a su tipificación con estudiantes de COU. Tesis Doctoral. Universidad de La Laguna. Servicio de Publicaciones.

Román, M. y E. Diez. (1990). *Currículum y Aprendizaje. Un modelo de Diseño Curricular de aula en el marco de la Reforma*. Madrid. Itaka.

Schwab, J. J. (1973). Problemas, tópicos y puntos en discusión. En S. Elam. (Comp.) *La educación y la estructura del conocimiento. Investigaciones sobre el proceso de aprendizaje y la naturaleza de las disciplinas que integran el currículum* (pp. 1-38). Buenos Aires. Ed. El Ateneo.

Schwab, J. J. (1975). Structures of the Disciplines: Meaning and Significances, en M. Golby; J. Greenwald and R. West (eds): *Curriculum Designe* (pp 249-267). London. Open University Press.